Über
Veränderung der Blutzusammensetzung
bei körperlichen Anstrengungen.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Paul Klug

aus

Wenigumstadt (Unterfranken).

ACAD. LUGD BAT. BIBL.

Würzburg
Paul Scheiner's Buchdruckerei (Dominikanerstrasse 6)
1904.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Herr Professor Dr. v. Frey.

Meinen

LIEBEN ELTERN

in Dankbarkeit

gewidmet.

Aus dem Laboratorium des
Herrn Professor Dr. J. Müller in Würzburg.

Das Blut zeigt schon unter physiologischen Verhältnissen keine gleichmässige und konstant bleibende Zusammensetzung, sondern es erleidet durch die verschiedenartigsten Einflüsse ganz bedeutende Veränderungen. Es sei mir erlaubt, über diese unter physiologischen Verhältnissen entstehenden Blutveränderungen kurz Bericht zu erstatten, ehe ich auf das spezielle mir gestellte Thema näher eingehe.

Das Gesamtblut ist nach *Grawitz* nicht als ein abgeschlossenes Organ von invariablem Volumen anzusehen, sondern es steht durch das die Kapillaren umgebende System von Lymphräumen in ununterbrochenem Austausche von Stoffen mit den Flüssigkeiten der Gewebe, weshalb Veränderungen in der Blutmischung leicht erklärlich sind. Beeinflusst wird nun die Zusammensetzung der Blutsubstanz, wie bereits durch verschiedene Autoren nachgewiesen, durch das Lebensalter, das Geschlecht, durch Schwangerschaft, Nahrungsaufnahme und das Klima. Eine Veränderung in der Blutmischung ist ausserdem nach thermischen und medikamentösen Einflüssen konstatiert.

Das Lebensalter ist von Bedeutung für den Gehalt des Blutes an weissen und an roten Blutzellen, sowie auch für den Hämoglobingehalt. Nach *Hayem, Toenissen* und *Schwinge* nehmen die roten Blutkörperchen im Blute der Neugeborenen eine abnorm hohe Zahl ein und zwar bis zu 6,9 Millionen im cbmm.

Nach *Tietze* soll die Zahl der roten Blutkörperchen durch Eindickung des Blutes infolge von Wasserabgabe in den ersten Lebenstagen noch weiter zunehmen. Auffallend hoch ist auch die Zahl der Leukocyten in den ersten Lebenstagen; *Hayem* gibt sie auf 18000 an. Die Zahl der Leukocyten ist aber auch während des ersten ganzen Jahrzehnts vermehrt. *Schwinge* gibt nach seinen eigenen Untersuchungen als Durchschnittszahl 12900 an. In der zweiten Woche des extrauterinen Lebens erfolgt im Gegensatz zu den Leukocyten bereits ein Absinken der roten Blutkörperchen. Nach *Grawitz* und *Schwinge* beträgt die Durchschnittszahl der Erythrocyten für das erste Jahrzehnt 4,5 Millionen, für das zweite Jahrzehnt 5,2 Millionen. Dementsprechend ist auch das spezifische Gewicht des Blutes im zweiten Jahrzehnt erhöht. *Hayem* fand auch, dass die Zeit der Abnabelung auf die Blutzusammensetzung der Neugeborenen einen Einfluss habe. Er konstatierte durchschnittlich bei früher Abgenabelten niedrigere Zahlen als bei Kindern, die erst abgenabelt wurden, nachdem die Nabelstrangarterie zu pulsieren aufgehört hatte. Diese Erscheinungen werden von allen Autoren als Konzentrationsschwankungen aufgefasst. Durch die ersten Atemzüge erleidet ja das Kind grosse Wasserverluste, welche sich bis zur ersten Aufnahme flüssiger Nahrung steigern müssen und erst nach und nach bei fortgesetzter Flüssigkeitszufuhr sinken können. Dadurch kommt anfangs eine bedeutende Eindickung des Blutes zustande, welcher später wieder eine Verdünnung durch Plasmaaufnahme folgt. Von *Hayem* wurde die Verdünnung des Blutes anfänglich auf einen abnormen Zerfall von roten Blutkörperchen zurückgeführt.

Neben dem Alter hat auch das Geschlecht einen Einfluss auf die Blutzusammensetzung. Nach *Grawitz* bleiben die oben angegebenen Zahlen bei Männern

ziemlich konstant bis ins hohe Alter. Für das weibliche Geschlecht nimmt man allgemein eine niedrigere Durchschnittszahl der roten Blutkörperchen und einen geringeren Hämoglobingehalt an. Nach *Hayem, Monti* und *Schwinge* soll sich der Unterschied in dem Blute beider Geschlechter erst zur Zeit der Geschlechtsreife ausbilden. Nach den Untersuchungen derselben Autoren soll sich nach dem Klimakterium die Zusammensetzung des weiblichen Blutes dem männlichen nähern. Dieser Umstand legt den Gedanken nahe, den Geschlechtsfunktionen des Weibes besonders der Menstruation, der Laktation und Schwangerschaft die Schuld an diesen Unterschieden in der Blutzusammensetzung zuzuschreiben, zumal *Stierlin* bei Kindern von 9 Monaten bis zu 15 Jahren eine Differenz der Zahlenwerte zugunsten des weiblichen Geschlechts fand. Seine Versuche ergaben für die Knaben eine Durchschnittszahl der Erythrocyten von 5 102 108, für die Mädchen eine solche von 5 448 000. *Grawitz* tritt dieser Ansicht entgegen. Er glaubt nicht, dass ein solcher Jahrzehnte lang dauernder physiologischer Vorgang wie die Menstruation einen gleichsam schädigenden Einfluss auf das Blut ausüben könne. Als weiteren Beleg für seine Behauptung führt er die Tatsache an, dass Blutungen einen der stärksten Reize auf die blutbildenden Organe ausüben, wodurch der menstruelle Blutverlust in ganz kurzer Zeit wieder völlig ausgeglichen werde. *Hayem* und *Reinert* stellten zudem durch Untersuchungen fest, dass nach der Menstruation bei gesunden Frauen eher eine Vermehrung als eine Verminderung der Blutzellen und des Hämoglobingehalts eintrete. Mit Rücksicht auf diese Erscheinungen führt *Grawitz* die niedrigeren Werte für die roten Blutzellen und den Hämoglobingehalt des weiblichen Blutes auf die relativ geringere Muskeltätigkeit der weiblichen Individuen zurück. Mit der Ver-

schiedenheit der Blutzusammensetzung bei den beiden Geschlechtern stehen die Veränderungen, die die Blutsubstanz in der Gravidität erleidet, in engem Zusammenhang. Bei den älteren Ärzten galt es als unbestrittene Tatsache, dass die Schwangerschaft einen Einfluss auf die Blutzusammensetzung ausübe. Man sprach von einer Polycythaemie der Schwangeren, indem man von der Vorstellung ausging, dass das Blut solcher Frauen mehr Nährungsstoffe enthalten müsse als das Nichtschwangerer.

Später stellten *Andral, Regnault* und *Rodier* durch Untersuchungen fest, dass keine Vermehrung der roten Blutkörperchen während der Schwangerschaft stattfindet, sondern vielmehr eine Verarmung des Blutes an diesen Elementen. Bis vor kurzer Zeit sprach man noch von einer Schwangerschaftschlorose. Heute ist man fast allgemein der Ansicht, dass ein direkter Einfluss der Schwangerschaft auf das Blut in dem angegebenen Sinne nicht stattfindet. Wenn jedoch, wie es häufig besonders bei Individuen aus den niederen Gesellschaftsklassen zu beachten ist, während der Schwangerschaft eine Anämie eintritt, so liegt dies nach der Ansicht von *Limbeck* in der schlechten Ernährung, in dem sozialen Elend. Die Abnahme der Blutkörperchenzahl, die durch den Blutverlust während der Geburt eintritt, gleicht sich infolge des durch den Blutverlust entstehenden Reizes auf die blutbildenden Organe bald wieder aus. *Schröder* sah während des Geburtsaktes eine geringe Vermehrung der Erythrocyten in der Raumeinheit und führte diese Erscheinung auf die während der Geburt eintretenden grossen Wasserverluste zurück. Abgesehen von dem Einfluss der Gravidität auf die roten Blutkörperchen, soll auch ein solcher auf die weissen bestehen. *Malassez* und *Nasse* waren die ersten, die eine Vermehrung der weissen Blutzellen in der

Schwangerschaft fanden. *Halla* fand eine Vermehrung nur bei einzelnen Schwangeren. *Limbeck* bekam dasselbe Resultat. *Rieder* fand unter 31 Fällen bei 21 Fällen eine ausgesprochene Leukocytose. *Virchow* erklärt sich die Schwangerschaftsleukocytose aus der allmählich eintretenden Erweiterung beziehungsweise Vergrösserung der Lymphgefässe und Drüsen um den Uterus. *Limbeck* hält die Leukocytose für eine Begleiterscheinung der Schwangerschaft, welche nicht durch die Gravidität selbst, sondern durch Nebenumstände, welche die Schwangerschaft begleiten, bedingt sei. Er macht das Anschwellen der Mammae dafür verantwortlich, da eine solche auf mikroskopischen Querschnitten von Rundzellen strotze. In anderen Fällen hält er sie für eine protrahierte Verdauungsleukocytose. Die Vermehrung der Leukocyten während der Verdauung wird heutzutage allgemein anerkannt. Das Bestehen einer Verdauungsleukocytose wurde zuerst von *Moleschott*, *Hirt* und *Detoma* verteidigt, von anderen Autoren wie *Halla*, *Malassez* und *Hayem* aber bestritten. *Pohl* stellte dieselbe durch Untersuchungen am Hunde fest; durch Untersuchungen von *Limbeck* wurde derselbe Nachweis auch für den Menschen erbracht.

Auf den Einfluss der Verdauung beziehungsweise der Nahrungsaufnahme werden auch die Schwankungen in der Blutzusammensetzung zu den verschiedenen Tageszeiten zurückgeführt. Doch ist auch nachgewiesen, dass das Zahlenverhältnis der weissen Blutkörperchen verschiedenen Tagesschwankungen unterworfen ist, die nach *Grawitz* unabhängig sind von der Nahrungsaufnahme. Von *Sörensen* und *Buntzen* wird behauptet, dass eine einmalige Nahrungsaufnahme eine Vermehrung der Erythrocyten zur Folge habe. Nach Verlauf einer halben Stunde nach erfolgter Nahrungsaufnahme soll nach *Sörensen* ein Anstieg

der roten Blutkörperchen um 15—19% erfolgen, der aber nach dieser Zeit wieder vollständig ausgeglichen werde. *Vierordt* und *Duperi* haben dagegen nach der Mahlzeit eine Verminderung der roten Blukörperchen gefunden. *Limbeck* schliesst sich der Ansicht *Vierordts* an, der glaubt, dass diese Abnahme der Erythrocyten der Ausdruck einer Blutverdünnung sei, die besonders dann stark auftrete, wenn die Nahrung in flüssiger Form gereicht werde.

Eine Veränderung in der Blutzusammensetzung soll nach *Mallasez* auch zu verschiedenen Jahreszeiten entstehen und zwar im Winter eine Vermehrung der roten Blutzellen und damit des Hämoglobingehalts und des spezifischen Gewichts, im Sommer dagegen eine Abnahme dieser drei Faktoren. *Limbeck* ist der Anschauung, dass diese geringen Unterschiede durch ähnliche Momente ihre Begründung finden wie die Veränderungen in der Blutzusammensetzung zu den verschiedenen Tageszeiten. Ausserdem wird auch der im Sommer im allgemeinen vermehrten Flüssigkeitszufuhr ein Einfluss zugeschrieben werden müssen.

Eine bedeutende aber noch nicht ganz aufgeklärte Vermehrung in der Zahl der roten Blutkörperchen tritt bei Wechsel des Wohnorts auf, wenn damit eine Änderung der Höhenlage verknüpft ist. Je höher sich ein Individuum über das Meeresniveau erhebt, desto grösser wird die Zahl der roten Blutkörperchen.

Viault machte an sich selbst die interessante Beobachtung, dass die Zahl seiner roten Blutkörperchen nach einem vierzehntägigen Aufenthalt in den Cordilleren auf sieben, nach drei Wochen auf acht Millionen stieg, während sein Blut zur Zeit seines Aufenthalts in Lima nur fünf Millionen rote Blutkörperchen in der Raumeinheit enthielt. Andere in den Cordilleren länger angesiedelte Personen wiesen

7,3—7,9 Millionen Erythrocyten pro cbmm. auf. Fast dieselben Resultate an Menschen und Tieren ergaben nach *Limbeck* die Untersuchungen von *Eger, Köppe, Wolf* und *Schröder*. Sie fanden ebenfalls eine bedeutende Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen, zugleich konstatierten sie aber auch, dass die Vermehrung des Hämoglobingehalts nicht in demselben Grade vor sich gehe. Letzterer Umstand machte die nächstliegende Annahme *Viaults*, dass vielleicht die beobachtete Blutkörperzunahme infolge einer Konzentrationssteigerung des Blutes infolge von Wasserarmut der Luft begründet sei, unwahrscheinlich, und *Mercier* nahm an, dass es sich um eine Blutkörperchenneubildung handle. *Grawitz* tritt dieser Ansicht entgegen und schliesst sich der Annahme *Viaults* an, dass es sich um eine Eindickung des Blutes infolge der Wasserarmut der Höhenluft handle, da klinisch in dem Blute von Leuten, die im Seeklima leben, auch keine gesteigerte Neubildung von Blutzellen nachzuweisen sei. Indes tritt nach *von Frey* auch eine Vermehrung der Erythrocyten ein, wenn man Tiere einige Wochen unter vermindertem Luftdruck hält. Bei diesen Versuchen steigt aber auch zu gleicher Zeit die gesamte Blutmenge.

Betrachten wir nun noch die Veränderungen der Blutmischung, die durch thermische Einflüsse hervorgerufen werden. *Winternitz, Grawitz* und *Knöpfelmacher* haben eine Vermehrung der roten und weissen Blutkörperchen nach Kältereizen gefunden; nach Wärmeeinwirkungen fand *Grawitz* und *Loewy* eine Verminderung der Blutkörperchen sowie des spezifischen Gewichts im Blute grösserer Gefässe. *Knöpfelmacher* und *Winternitz* sahen ähnliche Veränderungen durch Wärmeeinflüsse im menschlichen Capillarblut. *Limbeck* und *Grawitz* haben die genannten Erscheinungen so erklärt, dass die Kälte unter Kon-

traktion der Gefässe und Drucksteigerung einen vermehrten Austritt von Plasma durch die Gefässwand veranlasse. Dadurch kommt nach ihrer Ansicht eine erhöhte Konzentration des Blutes zustande. Die Verminderung der Blutkörperchen bei Einwirkung von Wärme erklärt *Grawitz* in der Weise, dass eine Erweiterung der Gefässe und dadurch Zurücktreten von Gewebsflüssigkeit und infolgedessen eine Verdünnung des Blutes erfolge. *Friedländer* fand nach anhaltenden Kälteeinwirkungen eine Verminderung der roten und Vermehrung der weissen Blutkörperchen, nach kurzen Kälteeinwirkungen fand er sowohl eine Vermehrung der weissen wie der roten Blutkörperchen. Nach Wärmeeinwirkung fand *Friedländer* im Gegensatze zu *Knöpfelmacher* und *Winternitz* sowohl eine Vermehrung der weissen als auch der roten Blutkörperchen sowie eine Erhöhung des spezifischen Gewichts. *Friedländer* legte nun das Resultat seiner Versuche in der Weise aus, dass er behauptet, unter dem Einfluss der Kälte komme eine veränderte Verteilung der roten Blutkörperchen zustande. Die Vermehrung der Blutkörperchen bei Wärmeeinwirkung führte er auf paralytische Erweiterung der Kapillaren zurück. Er spricht von einer neuroparalytischen und neuroirritativen Kongestion.

Was die erwähnte Vermehrung der Leukocyten bei intensiven, längere Zeit einwirkenden thermischen Reizen, mögen diese durch Kälte oder Wärme bedingt sein, mit Verengerung oder Erweiterung der Kapillaren einhergehen, betrifft, so nimmt *Friedländer* entsprechend der bekannten Chemotaxis eine Thermotaxis an.

So sehen wir also die mannigfaltigsten Veränderungen in der Blutmischung, die teils durch physikalische teils durch nervöse Einflüsse bedingt sind. Aber auch ohne dass derartige Einflüsse wie

die geschilderten vorhanden sind, finden wir bei Blutuntersuchungen grosse individuelle Verschiedenheiten. *Grawitz* kam bei seinen Versuchen zu dem Resultat, dass Menschen mit kräftiger Konstitution und gut entwickelter Muskulatur höhere Werte an roten Blutkörperchen und Hämoglobin besitzen als solche mit schwächlicher Konstitution. Diese Tatsache erklärt ja, wie oben bemerkt, auch die Differenz beim weiblichen Geschlecht gegenüber dem männlichen.

Winternitz machte bei seinen Blutuntersuchungen nach Wärme- und Kälteeinwirkung die Beobachtung, dass auch aktive Muskelbewegungen einen ähnlichen, wenn auch weniger ausgesprochenen Effekt hatten. Er schreibt: „Die Zahl der roten Blutkörperchen, die schon unmittelbar nach der Kälteeinwirkung zugenommen hatte, wurde in vielen Fällen durch die Reaktionsbewegung vermehrt, und auch ohne vorausgegangene Kälteeinwirkung nahm die Zahl der Erythrocyten nach angestrengten Bewegungen zu."

Über den Einfluss eines so wichtigen und häufig eintretenden Faktors auf die Zusammensetzung des Blutes scheinen in der Literatur keine weiteren Beobachtungen niedergelegt zu sein. Deshalb folgte ich der Anregung des Herrn Professors Dr. *J. Müller* und suchte durch eigene experimentelle Untersuchungen die Frage, welche Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutes nach körperlichen Anstrengungen eintreten, in etwas zu fördern. Dabei wurde hauptsächlich die Zahl der Blutkörperchen berücksichtigt. In vielen Fällen wurde auch der Blutdruck bestimmt, um zu sehen, ob die Veränderungen in der Zusammensetzung der Blutsubstanz mit der Veränderung des Blutdrucks im Zusammenhang steht. Einen grossen Teil der Untersuchungen machte ich an mir selbst. Die körperliche Anstrengung bestand meistens in raschem Treppensteigen oder in einzelnen

Fällen in mehrstündigen Radtouren. Natürlich wurde immer Rücksicht darauf genommen, dass die anderen bereits erwähnten physiologischen Blutveränderungen wie besonders die Einflüsse der Nahrungsaufnahme und Verdauung möglichst ausgeschaltet wurden. Die Versuche wurden (fast) auschliesslich in der nämlichen Tageszeit und zwar in den Vormittagstunden gemacht.

Was die Blutgewinnung anbelangt, so wurde nur Kapillarblut aus der Fingerkuppe benützt. Die Zählung wurde mit dem Thoma-Zeiss'schen Zählaparat ausgeführt, dessen Konstruktion allgemein geläufig ist. Dass bei der Zählung trotz angestrebter grösster Genauigkeit Fehler unterlaufen, ist klar und deswegen ist es gut möglichst viele Zählungen zu machen, um die Fehler soweit als möglich zu beschränken. *Lyon* und *Thoma* geben an, dass dieser Fehler bei einer Zählung von 1000 Quadraten noch ungefähr 2 % betrage.

Ich zählte im allgemeinen der Konstruktion der Kammer Rücksicht tragend, 16 . 16 Quadrate und nahm zur Zählung der roten Blutkörperchen eine Verdünnung mit 3 % Kochsalzlösung von 1 : 100; zur Zählung der Leukocyten wurde eine 0,6 % Essigsäurelösung benützt und eine Verdünnung von 1 : 10 hergestellt.

Um die folgenden Resultate besser verwerten zu können führe ich zum Vergleich die Normalwerte an:

Rote Blutkörperchen (Mann) = 5 Millionen
" " (Weib) = 4½ "
Weisse Blutkörperchen = 5000 — 8000 pro cbmm.

Es folgen nun die Resultate der von mir angestellten Versuche. Zunächst gebe ich die Resultate von Zählungen, die ich an meinem Blute anfänglich unter Anleitung von Herrn Professor Dr. *Müller* machte, um mir einerseits die normalen Werte meiner Blutzusammensetzung klar zu machen, andererseits, um erst einige Sicherheit in der Methode zu erlangen.

12\. X. 03. Vormittag 10 1/2 Uhr Puls = 70.

Weisse Blutkörperchen.

I.	6840	dieselbe Pipette.
II.	6980	

Differenz = 140. Mittelwert = 6940.

Rote Blutkörperchen = 5 120 000.

13\. X. 03. Vormittag 10 3/4 Uhr Puls = 78.

Weisse Blutkörperchen = 5 894.

Rote Blutkörperchen = 5 320 000.

15\. X. 03. Vormittag 10 1/2 Uhr Puls = 72.

Weisse Blutkörperchen = 6 720.

Rote Blutkörperchen = 4 980 000.

Vergleiche ich nun sämtliche erhaltenen Werte, so ergibt sich eine ziemlich konstante Zahl sowohl der weissen als der roten Blutkörperchen. In der Folgezeit untersuchte ich nun an jedem Tage das Kapillarblut meistens zu der nämlichen Tageszeit. Es wurde zuerst eine Blutentnahme gemacht und eine Verdünnung einer Blutprobe zur Zählung der weissen sowie der roten Blutkörperchen hergestellt. Soweit ich nun die Versuche an meinem eigenen Blute machte, führte ich zuerst die Zählung aus und liess dann die körperlichen Bewegungen folgen, denen sofort eine weitere Blutentnahme folgte. Zu gleicher Zeit mit der Blutentnahme wurde durch Herrn Prof. Dr. *Müller* der Blutdruck bestimmt. Diese Eile war nötig, da einzelne Versuche ergaben, dass die Steigerung des Blutdrucks sowie die Veränderungen in der Zusammensetzung der Blutmischung bald wieder zurückgingen.

Die weiteren Versuche, die ich an mir selbst machte, hatten nun folgendes Ergebnis:

19\. X. 03. Vormittag 10 1/2 Uhr Puls = 78.

Weisse Blutkörperchen = 6094.

Nach vollendeter Zählung machte ich einen zweistündigen anstrengenden Spaziergang, um dann eine weitere Zählung anzuschliessen, welche 8200 weisse Blutkörperchen ergab.

Wir haben also eine Vermehrung in der Raumeinheit um 2106 Leukocyten = 34,5 %.

23. X. 03. Vormittag 9½ Uhr. Puls = 72.

Weisse Blutkörperchen = 6 500.
Rote Blutkörperchen = 5 128 000.

Nach ausgeführter Zählung machte ich einen einstündigen Spaziergang, dem eine weitere Zählung sich anschloss.

Vormittag 11½ Uhr. Puls = 80.

Weisse Blutkörperchen = 7 980.
Rote Blutkörperchen = 5 630 000.

Das bedeutet eine Vermehrung der weissen Blutkörperchen um 1480 = 19 %, der roten um 502000 = 9 %.

27. X. 03. Vormittag 9 Uhr. Puls = 72.

Weisse Blutkörperchen = 5 840.
Rote Blutkörperchen = 4 528 000.

Nach der Zählung machte ich eine zweistündige anstrengende Radtour, worauf Herr Professor Dr. *Müller* eine weitere Blutprobe entnahm. Die Zählung ergab folgendes Resultat:

Vormittag 12 Uhr. Puls = 104.

Weisse Blutkörperchen = 9 062 } dieselbe Pipette
" " = 8 594 }
Rote " = 4 833 000.

Das wäre eine Vermehrung der Leukocyten um 3222 = 55 %, der Erythrocyten um 305 000 = 6,7 %.

2. XI. 03. Vormittag 10½ Uhr. Puls = 72.

Weisse Blutkörperchen = 5 312.
Rote Blutkörperchen = 5 057 000.

Dieser Zählung schloss ich leichte Bewegungen an, indem ich dreimal vier Etagen von je 4 m Höhe emporstieg, um darauf eine weitere Blutentnahme und Zählung der Blutkörperchen anzuschliessen. Der Versuch ergab:

Weisse Blutkörperchen = 6562.
Rote Blutkörperchen = 5446000.

Die Bewegungen hatten also an diesem Tage eine Vermehrung der weissen Blutkörperchen um 1250 = 31 %, der roten um 389000 = 7 % zur Folge.

20. XI. 03. Vormittag 9½ Uhr. Puls = 78.

Weisse Blutkörperchen = 5780.
Rote Blutkörperchen = 4779000.

Nach vollendeter Zählung machte ich einen Spaziergang von einer Stunde und schloss diesem eine weitere Zählung mit folgendem Ergebnis an:

Vormittag 11½ Uhr. Puls = 78.

Weisse Blutkörperchen = 8125.
Rote Blutkörperchen = 5325000.

Somit hätten wir eine Vermehrung der weissen Blutkörperchen um 2345 = 40 %, der roten um 546000 = 10 %.

22. XI. 03. Vormittag 9½ Uhr. Puls = 80.

Weisse Blutkörperchen = 6094.
Rote Blutkörperchen = 5029000.

Nach dieser Zählung machte ich wieder leichte Körperbewegungen und stieg dreimal die schon genannten vier Etagen empor, um dann eine weitere Zählung anzuschliessen. Diese hatte folgendes Ergebnis:

Weisse Blutkörperchen = 7800.
Rote Blutkörperchen = 5900000.

Also wäre abermals eine Vermehrung der Blutkörperchen nach den aktiven Bewegungen konstatiert.

Die Leukocyten zeigen eine Zunahme in der Raumeinheit von 706 = 28 %, die Erythrocyten eine solche von 871 000 = 15 %.

Eine ungefähr eine Stunde später gemachte Blutentnahme ergab, dass die Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutes nur kurze Zeit andauern, da die Zahl der roten Blutkörperchen bereits wieder auf 4 988 000, die der weissen auf 5312 gesunken war.

Soweit die Zählungen, die ich an meinem Blute machte. Diese ergeben also ziemlich konstante Zahlen für die Leukocyten und Erythrocyten. Anbei folgt zur besseren Übersicht noch einmal eine kurze Zusammenstellnng:

Tabelle.

Datum	Zusammensetzung der Blutmischung							
	In der Ruhe		Nach körperl. Anstrengung.		Vermehrung		%	
	Blutkörperchen		Blutkörperch.		Blutkörperch.		Blutkörperch.	
	weisse	rote	weisse	rote	weisse	rote	weiss.	rote
19. X. 03	6094	—	8200	—	2106	—	34,5	—
23. X. 03	6500	5128000	7980	5630000	1480	520000	19	9
27. X. 03	5840	4528000	9062	4833000	3222	305000	55	6,7
2. XI. 03	5312	5057000	6562	5446000	1250	389000	31	7
20. XI. 03	5780	4779000	8125	5325000	2345	546000	40	10
22. XI. 03	6094	5029000	7800	5900000	706	871	28	15

In der Folgezeit machte ich nun auch Versuche an anderen Personen. Herr Professor Dr. *Müller* hatte die Güte mir teils Patienten aus seiner Klinik zur Verfügung zu stellen, teils hatten Kollegen die Liebenswürdigkeit sich zu den Versuchen herzugeben. Diesen spreche ich auch an dieser Stelle meinen Dank aus. Die Zählungen hatten nun folgendes Ergebnis:

26. X. 03. Vormittag 9½ Uhr.

Herr Karl L., 32 Jahre, Puls = 62.

Weisse Blutkörperchen = 4375.
Rote Blutkörperchen = 4846000.
Puls = 62.

Herr Karl L., der bis zur ersten Zählung Bettruhe eingehalten hatte, verliess nach der Blutentnahme das Bett und bewegte sich im Zimmer, bis um 11½ Uhr eine weitere Blutprobe aus der Fingerkuppe entnommen wurde. Die Zählung ergab:

Weisse Blutkörperchen = 5312.
Rote Blutkörperchen = 5327000.
Puls = 74.

Somit hätten wir eine Vermehrung der weissen Blutkörperchen um 937 = 21,4 %, der roten um 481000 = 10 %.

30. X. 03. Vormittag 11 Uhr.

Karl Br., 72 Jahre alt, leidet seit Jahren an Diabetes mellitus.

Weisse Blutkörperchen = 4531.
Rote Blutkörperchen = 5046000.
Puls = 60.

Nach der Blutentnahme stieg der Patient viermal die schon erwähnten vier Etagen empor, worauf eine weitere Blutentnahme mit folgendem Resultat angeschlossen wurde:

Weisse Blutkörperchen = 6720.
Rote Blutkörperchen = 6056000.

Das bedeutet eine Vermehrung der Leukocyten um 2189 = 48 %, der Erythrocyten um 1010000 = 20 %.

Am 26. XI. 03. wiederholte ich bei Herrn Karl Br. zur Kontrolle den nämlichen Versuch mit folgendem Resultate:

Vormittag $10^1/_4$ Uhr. Puls = 68.

Weisse Blutkörperchen = 4 062.
Rote Blutkörperchen = 4 666 000.

Die zweite Zählung nach Treppensteigen ergab bei einem Puls von 84 Schlägen folgendes Resultat:

Weisse Blutkörperchen = 9 687.
Rote Blutkörperchen = 5 341 000.

Das bedeutet eine Vermehrung der Leukocyten um 5625 = 13,8 %, der Erythrocyten um 675000 = 14 %.

23. X. 03. stud. med. Jul. K., 20 Jahre. Puls = 72.

Weisse Blutkörperchen = 4 632.
Rote Blutkörperchen = 4 520 000.

Hierauf bestig Herr K. viermal die bekannten Treppen. Die dann folgende Blutentnahme und Zählung ergab:

Weisse Blutkörperchen = 7 620.
Rote Blutkörperchen = 4 980 000.

Das ist eine Zunahme der weissen Blutkörperchen um 2980 = 64 %, der roten um 460 000 = 10 %.

Bei den nun folgenden Versuchen wurde auch der Blutdruck mittelst des Apparates von *Riva-Rocci* und einer grossen Armmanschette bestimmt, um festzustellen, ob etwa ein Parallelismus zwischen Blutkörperchenveränderung und Blutdruckhöhe besteht.

8. XII. 03. Vormittag $9^1/_2$ Uhr.

stud. med. Hermann Pf., $20^1/_2$ Jahre. Puls = 76.

Weisse Blutkörperchen = 7 500.
Rote Blutkörperchen = 4 720 000.
Blutdruck = 114 mm Hg.

Dann folgten die bekannten körperlichen Bewegungen in Form von Treppensteigen.

Weisse Blutkörperchen = 9 218.
Rote Blutkörperchen = 5 566 000.
Blutdruck = 120—125 mm Hg. Puls = 84.

Das ist also, abgesehen von der Erhöhung des Blutdrucks und der Pulszahl eine Vermehrung der weissen Blutkörperchen um 1718 = 23 %, der roten um 1 846 000 = 18 %. Der Versuch ergab ausserdem, dass die Zunahme der Blutkörperchen Hand in Hand geht mit der Erhöhung des Blutdrucks und der Zunahme der Pulszahl, was auch durch die folgenden Zählungen noch mehr bestätigt wird.

19. XII. 03. Vormittag 9½ Uhr. H. Pf., 20½ J.

Weisse Blutkörperchen = 6 820.
Rote Blutkörperchen = 4 638 000.
Blutdruck = 115—120 mm Hg.
Puls = 78.

Zweite Zählung nach dem Treppensteigen um 11 Uhr vormittag:

Weisse Blutkörperchen = 8 420.
Rote Blutkörperchen = 5 020 000.
Blutdruck = 125—130 mm Hg.
Puls = 98.

Der Kontrollversuch ergibt ungefähr dasselbe Resultat, denn die Zunahme der Leukocyten beträgt 1600 = 23 %, die Vermehrung der Erythrocyten 382 000 = 8,2 %.

18. XII. 03. stud. med. Julius K., 20 Jahre alt.

Blutentnahme vormittag 10½ Uhr.

Weisse Blutkörperchen = 5 320.
Rote Blutkörperchen = 4 210 000.
Blutdruck = 110—112 mm Hg.
Puls = 72.

Zweite Zählung nach dem Treppensteigen.

Weisse Blutkörperchen = 7 420.
Rote Blutkörperchen = 4 833 000.
Blutdruck = 120—125.
Puls = 96.

Auch dieser Kontrollversuch ergibt also fast übereinstimmende Resultate mit dem vom 23. X. Die Zunahme der weissen Blutkörperchen beträgt 2100 = 39 %, die der roten 623 000 = 14 %.

22. XII. 03. Kaufmann Z.. 26 J., Neurastheniker. Blutentnahme aus der Fingerkuppe vorm. 10½ Uhr.

Weisse Blutkörperchen = 5 312.
Rote Blutkörperchen = 5 266 000.
Blutdruck = 107.
Puls = 74.

Hierauf Treppensteigen, ungefähr ½ Stunde lang. Zweite Blutentnahme Vormittag 11½ Uhr.

Weisse Blutkörperchen = 6 250.
Rote Blutkörperchen = 5 408 000.
Blutdruck = 112.
Puls = 78.

Diese Zählung ergibt eine Zunahme der Zahl der Leukocyten um 1938 = 17 %, der Erythrocyten um 142000 = 2,6 %.

5. I. 04. Derselbe.

Blutentnahme in Bettruhe Vormittag 8½ Uhr.

Weisse Blutkörperchen = 3 438.
Rote Blutkörperchen = 4 916 000.
Blutdruck = 104.
Puls = 72.

Darauf leichte Bewegungen und dann Treppensteigen ¼ Stunde lang. Zweite Blutentnahme 10 Uhr. Resultat:

Weisse Blutkörperchen = 6 562.
Rote Blutkörperchen = 6 216 000.
Blutdruck = 125—130.
Puls = 104.

Das bedeutet eine Vermehrung der weissen Blutkörperchen um 3124 = 90 %, der roten um 1300000 = 28 %. Eine gleichzeitige mikroskopische

Betrachtung eines frischen Präparates ergab ausser einer bedeutenden Vermehrung der Leukocyten nichts Besonderes.

6. I. 04. stud. med. Jul. K., 20 Jahre alt, gesund. Blutentnahme Vormittag 9 Uhr.

Weisse Blutkörperchen = 5 020.
Rote Blutkörperchen = 4 520 000.
Blutdruck = 115—120.
Puls = 80.

Herr K. machte, während ich die Zählung ausführte, eine Radtour von ungefähr zwei Stunden. Nach seiner Rückkehr machte ich sofort, während von Herrn cand. med. August L. zu gleicher Zeit der Blutdruck bestimmt wurde, eine neue Blutentnahme, welche das folgende Ergebnis hatte:

Weisse Blutkörperchen = 8 672.
Rote Blutkörperchen = 5 020 000.
Blutdruck = 130—135 mm Hg.
Puls = 108.

Somit hätten wir wieder eine bedeutende Veränderung der Zusammensetzung des Blutes und zwar eine Vermehrung der Leukocyten um 3652 = 72 %, der Erythrocyten um 500000 = 11 %.

7. I. 04. Joseph Fr., Taglöhner, 52 Jahre, leidet an Emphysen und Bronchitis. Blutentnahme Vormittag 10 1/4 Uhr.

Weisse Blutkörperchen = 5 625.
Rote Blutkörperchen = 4 620 000.
Blutdruck = 112.
Puls = 78.

Herr Joseph Fr. stieg sodann viermal die schon erwähnten 4 m hohen Etagen empor, worauf ich eine neue Blutentnahme folgen liess. Die Zählung hatte folgendes Ergebnis:

Weisse Blutkörperchen = 6 250.
Rote Blutkörperchen = 5 491 000.
Blutdruck = 130—135.
Puls = 96.

Diese Zählung ergibt demnach eine Zunahme der Zahl der weissen Blutkörperchen um 625 = 13 %, der roten um 871000 = 19 %.

8. I. 04. stud. med. Herm. Pf. 20½ Jahre.

Blutentnahme Vormittag ½9 Uhr.

Weisse Blutkörperchen = 5 864.
Rote Blutkörperchen = 4 922 000.
Blutdruck = 115—120.
Puls = 72.

Herr Hermann Pf. machte sodann eine Radtour von ungefähr 2 Stunden. Darauf folgte eine neue Blutentnahme und Bestimmung des Blutdrucks durch Herrn Professor Dr. *Müller*. Das Ergebnis der Zählung war:

Weisse Blutkörperchen = 7 982.
Rote Blutkörperchen = 5 631 000.
Blutdruck = 125—130.
Puls = 84.

Das Ergebnis dieses letzten Versuches wäre also eine Vermehrung der Leukocyten um 2118 = 36 %, der Erythrocyten um 709000 = 14 %.

Durch diese Versuche habe ich also in 18 Fällen den Nachweis einer Vermehrung der roten und weissen Blutkörperchen gebracht. Nachgewiesen wurde ausserdem durch einen Teil der Versuche, dass diese Zunahme der zelligen Elemente einhergeht mit einer Erhöhung des Blutdruckes und der Pulszahl.

Wie die vorausgehenden Versuche zeigen, wurde ausschliesslich die Zahl der Blutkörperchen und in einem Teil der Fälle der Blutdruck berücksichtigt.

Das spezifische Gewicht und der Hämoglobingehalt des Blutes wurden nicht bestimmt. Dies wäre noch eine eigene Aufgabe. Zum Schlusse der Beobachtungen wurden bei einem Teil der Versuche von dem Blute der genannten Personen noch verschiedene Trockenpräparate mit Ehrlich'scher Triacidlösung gefärbt. Diese zeigten, dass bei der Vermehrung der Leukocyten die verschiedenen Formen in ungefähr gleichem Masse beteiligt sind wie dies auch beifolgende Tabelle zeigt:

Tabelle.

	Leukocyten							
	in der Ruhe				nach körperlichen Bewegungen			
	kl. Lymphoc.	gr. Mononucl.	Polynucleäre	Eosinophile	kl. Lymphoc.	gr. Mononucl.	Polynucleäre	Eosinophile
20. XII. 03 Pf.	12	1	31	2	12	9	32	2
18. XII. 03 K.	12	—	23	3	16	4	31	2
22. XII. 03 Z.	3	1	21	1	8	4	32	1
6. I. 04 Fr.	6	2	16	—	25	—	36	4

Wie sind nun die genannten Erscheinungen zu erklären? Eine Neubildung der roten und weissen Blutkörperchen, wie man sie bei anderen physiologischen Blutveränderungen annahm, ist nach meiner Ansicht wegen der Schnelligkeit, mit der die Vermehrung eintritt und wieder verschwindet, nicht anzunehmen. Näher liegend ist der Gedanke, dass es sich um eine Veränderung in der Blutmischung handelt,

die dadurch zustande kommt, dass Verschiebungen und Ausgleichungen in der Blutflüssigkeit, die in den einzelnen Gefässprovinzen eine verschiedene Zusammensetzung besitzt, infolge der durch die körperlichen Anstrengungen beschleunigten Blutzirkulation eintreten. *Winternitz* nimmt an, dass durch Reizung der Vasomotoren Blutzellen in die Zirkulation geworfen werden, die vorher in grossen Gefässstämmen stagnieren. Doch spricht die Grösse der Veränderungen gegen eine solche Annahme, da ganz gewaltige Massen von Blutkörperchen bei gesunden Menschen an den grossen Gefässen stagnieren müssten, damit solche enorme Veränderungen eintreten könnten. Ich bin vielmehr mit *Grawitz* der Ansicht, dass sich die erwähnten schnell eintretenden und schnell wieder ausgleichenden Schwankungen der Blutdichte nur im Kapillargebiete abspielen können, indem durch Wirkung der Vasomotoren bei körperlichen Anstrengungen eine Kontraktion der Blutgefässe und Steigerung des Blutdrucks und damit eine Konzentration des Blutes erfolgt, d. h. dass ein Austritt von Flüssigkeit aus denselben stattfindet, welcher anscheinend mit der Grösse der körperlichen Anstrengungen wächst. Mit dieser Anschauung stehen auch die Resultate einer schönen Arbeit von *O. Hess* in Marburg[1] in Einklang. Wenn wir auf diese Weise auch eine Erklärung für die Zunahme der Erythrocyten gefunden haben, so bedarf die damit nicht parallelgehende Veränderung in der Zahl der Leukocyten noch einer besonderen Erörterung. Diese haben sich, wie aus den Versuchstabellen hervorgeht, stets in bedeutend höherem Masse an der Vermehrung beteiligt als die roten Blutkörperchen. Für dies Verhalten müssen also noch besondere Umstände massgebend sein und ich glaube in dieser Beziehung auf die Arbeit von *Rüchel* und *Spitta* (Archiv für

[1]) Archiv für experiment. Pathologie.

exp. Path.) hinweisen zu müssen, welche beobachteten, dass durch Peptoneinspritzungen mit dem starken Absinken des Blutdrucks auch sofort ein fast völliges Verschwinden der Leukocyten aus dem Blute eintrat. Diese fanden sich bei der Autopsie in grossen Mengen in den inneren Organen (Lunge und Leber) angehäuft. Entsprechend diesen Befunden muss ich ähnliche Verhältnisse beim Menschen voraussetzen und annehmen, dass bei relativ niedrigem Blutdrucke, also bei Körperruhe, in den inneren Organen eine Ansammlung von weissen Blutkörperchen stattfindet, welche bei der Steigerung der Zirkulation infolge stärkerer Bewegung fortgeführt werden und dann im Capillarblut sich in einer Vermehrung der Leukocytenzahl bemerkbar machen.

Fasse ich das Resultat meiner Untersuchungen nochmals kurz zusammen, so ergibt sich:

„Körperbewegung hat eine Vermehrung der relativen Blutkörperchenzahl zur Folge. Es steigt aber regelmässig die Zahl der Leukocyten stärker als jene der Erythrocyten, wahrscheinlich weil in der Ruhe in inneren Organen eine Ansammlung der weissen Blutkörperchen stattfindet, die bei Steigerung der Zirkulation zur Ausschwemmung gelangen."

Am Schlusse meiner Arbeit erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. v. *Frey* für die gütige Übernahme des Referates und Herrn Prof. Dr. *J. Müller* für die freundliche Überweisung des Themas und Überlassung des Laboratoriums sowie für die gütige und bereitwillige Anleitung bei der Anfertigung der Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

Landois, Lehrbuch der Physologie.
v. Frey, Lehrbuch der Physologie.
v. Limbeck, Klinische Pathologie des Blutes.
Grawitz, Pathologie des Blutes.
Schmitt, Beiträge zur Blutlehre.
Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Jahrgang 1901—1904.
Dr. R. Friedländer, Über Veränderungen der Zusammensetzung des Blutes durch thermische Einflüsse.
Dr. Winternitz, Hydrotherapie.
Dr. Goldscheider und Dr. Jakob, Handbuch der physikalischen Therapie.
Verhandlungen des 15. Kongresses für innere Medizin 1897.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Paul Klug, Sohn des Gastwirts Simon Klug, wurde am 31. Oktober 1878 in Wenigumstadt, bayer. Bezirksamts Obernburg a. M. geboren. Den ersten Unterricht genoss er in Wenigumstadt in der dortigen Volksschule und erhielt dann die weitere Ausbildung auf dem Gymnasium zu Aschaffenburg, welches er im Juli 1899 nach achtjährigem Besuche absolvierte. Im Oktober 1899 wurde Verfasser an der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg immatrikuliert. Im Winter-Semester 1902/03 besuchte er die Universität Berlin. Juli 1901 bestand er in Würzburg das Tentamenphysicum und beendigte am 12. Juli 1904 daselbst das medizinische Staatsexamen.